

PENERAPAN KECERDASAN BUATAN PADA PENILAIAN KELAYAKAN EKONOMI TAMBANG BATUBARA

Hidayatullah Sidiq^{1*}, Nur Widi Astanto Agus Tri Heriyadi²

¹Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

²Teknik Geologi, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

*e-mail: hidayatullah@itny.ac.id

Abstrak

Metode penilaian kelayakan ekonomi sangat penting dalam menentukan nilai suatu proyek. Adanya ketidakpastian yang tinggi dalam industri pertambangan baik dari segi teknis maupun non teknis, menyebabkan risiko proyek pertambangan relatif lebih tinggi dibandingkan dengan industri lain. Ketidakpastian dimodelkan dengan suatu deret probabilitas yang tidak terputus. Distribusi ini banyak digunakan untuk memodelkan ketidakpastian dari faktor non teknis seperti harga komoditas. Untuk menggambarkan ketidakpastian dari input variabel dalam simulasinya dapat menggunakan teknik simulasi monte carlo. Selain itu untuk memprediksi harga jual batubara menggunakan algoritma kelelawar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prediksi harga batubara adalah salah satu parameter yang sulit diprediksi. Untuk menentukan harga jual dapat menggunakan pendekatan prediksi dengan bantuan kecerdasan buatan. Prediksi harga menggunakan simulasi monte carlo menghasilkan harga jual batubara dengan kalori 5700 kcal/Kg adalah \$ 42,2 per ton. Sedangkan jika menggunakan algoritma kelelawar adalah \$42,18 per ton. Analisis kelayakan proyek tambang menggunakan metode DCF dengan NPV yang paling maksimal berada pada stripping ratio 2,5 dengan volume batubara sebesar 11 juta ton.

Kata kunci: Kecerdasan buatan, Monte carlo, kelayakan ekonomi, prediksi harga

Abstract

The economic feasibility valuation method is very important in determining the value of a project. The existence of high uncertainty in the mining industry, both from a technical and non-technical perspective, causes the risk of mining projects to be relatively higher compared to other industries. Uncertainty is modeled by an unbroken probability series. This distribution is widely used to model uncertainty from non-technical factors such as commodity prices. To describe the uncertainty of the variable input in the simulation, the monte Carlo simulation technique can be used. In addition, to predict the selling price of coal using the bat algorithm. The results show that the prediction of coal prices is one of the parameters that are difficult to predict. To determine the selling price can use a predictive approach with the help of artificial intelligence. The price prediction using the Monte Carlo simulation results in the selling price of coal with calories 5700 kcal/kg is \$ 42.2 per tonne. If using the bat algorithm is \$ 42.18 per tonne. The feasibility analysis of a mining project using the DCF method shows the result NPV Maximal on stripping ratio 2.5 with a coal volume is 20 million tonnes.

Keywords: Monte carlo, bat algorithm, DCF, NPV

1. Pendahuluan

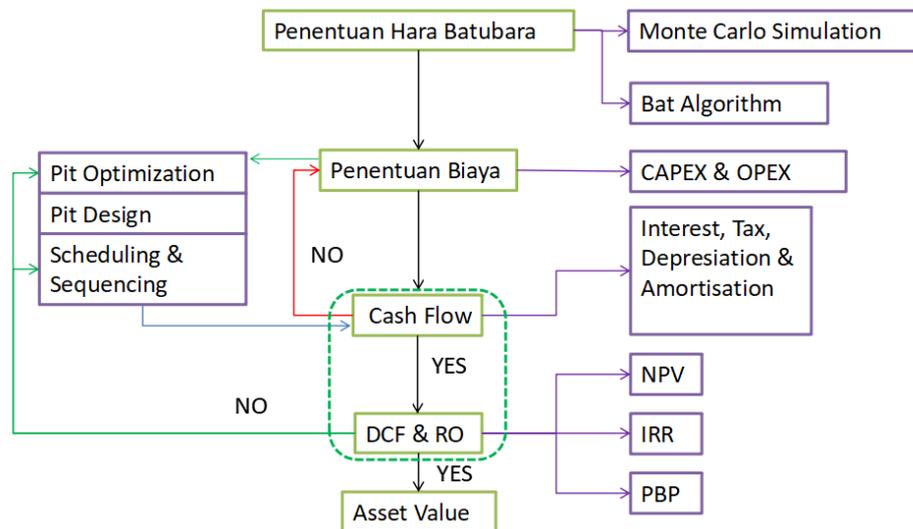
Penilaian investasi pertambangan memerlukan dana yang tidak sedikit sehingga diperlukan pengkajian dalam mengantisipasi berbagai kemungkinan yang akan terjadi dalam proyek tersebut. Salah satu kemungkinan yang harus dipertimbangkan adalah ketidakpastian (*uncertainty*) baik dari segi teknis maupun non teknis. Beberapa metode yang digunakan dalam penilaian adalah NPV (Net Present Value), Tingkat pengembalian (*rate of return*), Jangka waktu pengembalian (*Payback Period*), dan Nisbah manfaat.

Perkembangan teknologi saat ini telah banyak menggunakan sistem kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) AI. Bahkan dunia pertambangan saat ini sudah mulai melihat merespon perkembangan tersebut untuk membantu pemecahan ketidakpastian, salah satunya adalah tingkat risiko perubahan harga. Artificial Intelligence yang sering digunakan adalah *Fuzzy Logic* (FL), *Artificial Neural Network* (ANN). Pada penelitian ini kecerdasan buatan yang akan digunakan adalah *Bat Algorithm* (BA). Salah satu faktor ketidakpastian yang akan dibahas adalah prediksi harga batubara, dimana jika dilihat sampai saat ini harga batubara memiliki tingkat volatilitas yang tinggi. Untuk itu perlu dilakukan pendekatan prediksi harga jangka panjang dalam analisis kelayakan ekonomi dengan menggunakan model simulasi Monte Carlo.

Strategi perencanaan tambang moderen saat ini yang diterapkan adalah untuk memaksimalkan nilai NPV. Untuk itu strategi penambangan akan cepat berubah dengan berbarengan perubahan harga batubara. Sehingga untuk merespon kecepatan perubahan tersebut perlu dilakukan simulasi-simulasi untuk memaksimalkan nilai NPV.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif. Kuantitatif adalah penelitian tentang riset yang bersifat deskriptif dan cenderung menggunakan analisis. Selain itu landasan teori digunakan untuk lebih fokus pada penelitian yang dilakukan. Penelitian yang dilakukan adalah untuk penerapan metode *Bat Algorithm* (BA) dan simulasi montecarlo dalam prediksi harga batubara sesuai kualitas. *Bat Algorithm* (BA) adalah algoritma yang terinspirasi dari kondisi biologis. BA dikembangkan oleh Xie Sin Yang pada tahun 2010 [1]. Beberapa peneliti sebelumnya menggunakan beberapa metode untuk melakukan prediksi pendekatan harga diantaranya metode *Partial Least Squares Regression* yang dilakukan oleh Zhang dan Ma tahun 2011 untuk memprediksi harga batubara [2]. Prediksi harga tembaga menggunakan metode algoritma kelelawar oleh Dehghani, dan Bogdanovic tahun 2017 [3]. beberapa peneliti juga membandingkan beberapa model prediksi harga. Azam, dan Ratnawati tahun 2018 melakukan prediksi harga logam emas batangan menggunakan *Feed Forward Neural Network* dengan Algoritme Genetika [4]. Peneliti kali akan menggunakan metode algoritma kelelawar (*Bat Algorithm*) dan simulasi monte carlo untuk memprediksi harga batubara. Alur proses penelitian analisis kelayakan ekonomi tambang ada pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Alur proses analisis kelayakan ekonomi tambang

Gambar 1 di atas menjelaskan proses analisis kelayakan ekonomi tambang dimulai dari melakukan prediksi harga batubara menggunakan simulasi monte carlo dan algoritma kelelawar. Kemudian menghitung biaya operasional yang muncul dari kegiatan penambangan. Setelah itu menentukan batas akhir penambangan. Batas akhir penambangan bisa dilakukan diawal menggunakan BESR atau Pit Optimasi menggunakan beberapa metode. Setelah itu melakukan rekontruksi atau mendasain tambang hingga kahir umur tambang dan penjadwalannya. Langkah selanjutnya adalah menyusun aliran uang tunai (*Cash Flow*). metode yang digunakan untuk perhitungan cash flow adalah *Discounted Cash Flow* (DCF). Pada metode DCF risiko proyek dipresentasikan sebagai discount rate dalam mendiskonto arus kas proyek. Discount rate digunakan sebagai dispensasi atas risiko akibat adanya uncertainty dari arus kas yang akan terjadi didepan. Dalam DCF discount rate merupakan gabungan antara risk discount faktor dengan dengan time discount faktor [5]. Kemudian akan dilakukan analisis kelayakan menggunakan metode *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Payback period* (PbP). Dari hasil analisis ekonomi akan memperlihatkan berapa nilai volume batubara yang akan didapat jika ingin memaksimalkan NPV. Kemudian jika setelah dilakukan analisis kelayakan ternyata hasilnya tidak sesuai dengan keuntungan yang diharapkan maka kembali ke proses penjadwalan terlebih dahulu, namun jika dirasa perlu maka harus kembali kepada proses penentuan batas akhir penambangan dengan beberapa asumsi perubahan mulai dari biaya. Karena ada beberapa alternatif perubahan

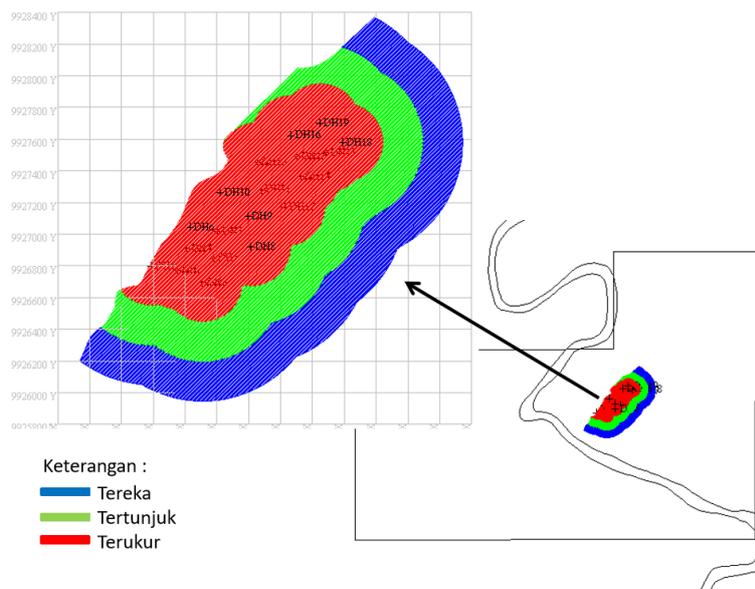
penggunaan alat misalnya. Kemudian kemabli lagi dilanjutkan hingga analisis kelayakan NPV, IRR dan PbP sesuai dengan yang diharapkan. Untuk menilai atau valuasi aset proyek dari perusahaan diperlukan metode NPV, IRR dan PbP [6].

3. Hasil dan Analisis

Estimasi sumberdaya batubara daerah penelitian berdasarkan tingkat keyakinan geologi masuk dalam tingka moderat di mana daerah penelitian memiliki struktur antiklin namun untuk percabangan dan variasi klori tidak banyak. Kemudian untuk sumberdaya masuk pada klasifikasi sumberdaya tertunjuk dengan radius 250 meter, sumberdaya terukur 500 meter, dan sumberdaya tereka 750 meter. Volume sumberdaya ada pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Klasifikasi dan Estimasi Sumberdaya Batubara

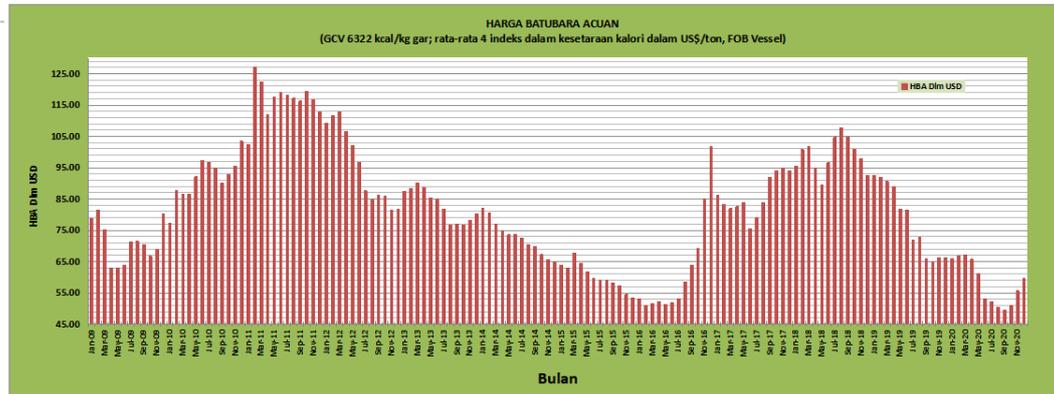
Klasifikasi	Terukur	Tertunjuk	Tereka
Radius (m)	250	500	750
Seam	Ton	Ton	Ton
A	6,069,148	5,271,013	4,549,415
B	10,248,940	7,402,753	3,704,220
Vol. Coal	16,318,088	12,673,765	8,253,635



Gambar 2. Poligon Sumberdaya Batubara daerah penelitian

Pada Tabel 1, klasifikasi dan estimasi sumberdaya batubara menampilkan volume batubara sesuai dengan radius sumberdaya. Di mana sumberdaya tereka volume batubara sebesar 8,2 juta ton, sumberdaya tertunjuk sebesar 12,6 juta ton, dan sumberdaya terukur sebesar 16,3 juta ton. Volume tersebut berasal dari dua seam batubara A dan B. Pada Gambar 2 menunjukkan poigon sumberdaya tereka, tertunjuk dan terukur.

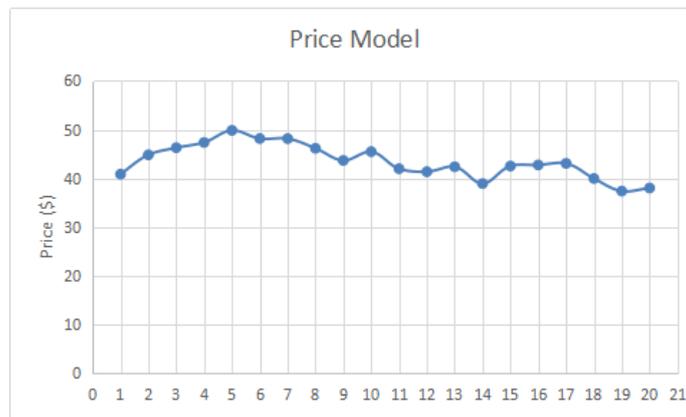
Setelah mengetahui klasifikasi dan estimasi sumberdaya batubara maka selanjutnya menentukan batasan penambangan menggunakan *Break Event Stripping Ratio* (BESR). Terlebih dahulu harus menentukan harga jual dan biaya penambangan, Jika kita melihat grafik Harga Batubara Acuan (HBA) pada gambar diatas, terlihat bahwa terjadi penurunan harga mulai bulan april dan mulai naik lagi di bulan Oktober. Data harga yang digunakan untuk penelitian ini adalah 143 data harga mulai dari tahun 2009-2020. Untuk nilai volatilitas harga batubara yang digunakan adalah 60%.



(sumber : ESDM 2009-2020)

Gambar 3. Harga Batubara Acuan 2009-2020

Harga batubara yang ditampilkan pada Gambar 3 tersebut merupakan harga batubara dengan kadar GAR 6322 kcal/Kg. Sedangkan batubara di daerah penelitian memiliki kalori GAR 5.700 kcal/Kg, sehingga harga yang digunakan berkisar antara \$40-\$50 per ton tergantung hasil simulasi prediksi harga menggunakan monte carlo. Berikut pada Gambar 4 dapat dilihat hasil prediksi model harga batubara menggunakan monte carlo sesuai dengan kalori yang ada di daerah penelitian. Untuk harga batubara yang akan digunakan nantinya adalah P90 dengan harga \$42.2/ton. Dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 4. Prediksi Harga menggunakan Monte Carlo

Tabel 2. Statistik hasil prediksi harga Batubara

Mean	\$20.35
Median	\$15.51
Standar Deviasi	\$13.38
Percentiles	Price (\$)
5%	5.05
90%	42.20
50%	15.51
75%	30.66

Prediksi harga menggunakan algoritma kelelawar dengan rumus $f_i = f_{min} + (f_{max}-f_{min})\beta$ $v_i^{t+1} = v_i^t + (x_i^t - x_*)f_i$ dan $x_i^{t+1} = x_i^t + v_i^{t+1}$ dengan f_i = Frekuensi yang dicari, f_{min} = Frekuensi minimum, f_{max} = Frekuensi maksimum, β = Vektor acak, v_i = Kecepatan yang dicari, x_i = Posisi yang dicari, x_* = Solusi posisi ideal [7][8]. Kemudian urutan proses kegiatan dimulai dengan mencari ukuran populasi dari nilai RMSE, kemudian dilanjutkan dengan mencari kekerasan suara dan emisi getaran RMSE,

selanjutnya adalah melihat nilai pergerakan kelelawar virtual, dan yang terakhir adalah melihat nilai RMSE <0 [9]. Dengan melihat nilai RMSE 0.127 dengan harga prediksi \$ 42.18 per ton.

Penentuan batas penambangan (*Pit Limit*) desain dapat menggunakan beberapa metode. Metode yang digunakan kali ini adalah penentuan batas berdasarkan BESR (*Break Event Stripping Ratio*) dan Pit optimasi menggunakan metode *Lerss Grossmann*. Kemudian dari hasil kedua metode tersebut akan dibandingkan mana yang terbaik kemudian akan dibandingkan lagi menggunakan metode NPV dari hasil scheduling yang dibuat.

Berikut Tabel 3 merupakan hasil perhitungan penentuan batas penambangan menggunakan BESR. Tabel 4 merupakan hasil pit optimasi menggunakan *Lerss Grossmann* yang dibantu menggunakan software 3DMine.

Tabel 3. Perhitungan BESR

No	Uraian	Biaya Satuan	Nilai	+ PPN Jasa	Total biaya satuan +PPN Jasa	Utk BESR
				(=cost owner)		
(Cash cost)						
1	Pengupasan tanah penutup	US\$ / bcm	2.25	0.23	2.48	
2	Penggalian dan pemuatan batubara	US\$ / ton	1.25	0.13	1.38	1.38
3	Pengangkutan batubara dari tambang ke daerah pelabuhan	US\$ / ton / km	0.15	0.02	0.17	3.40
4	Crushing dan penanganan batubara	US\$ / ton	1.50		1.50	1.50
5	Pemuatan batubara ke tongkang	US\$ / ton	1.50		1.50	1.50
6	Pengangkutan batubara dari pelabuhan sungai ke kapal ekspor atau tujuan lain	US\$ / ton/ km	0.03	0.003	0.03	16.17
7	Pemindahan batubara dari tongkang ke kapal	US\$ / ton	1.50	0.15	1.65	1.65
8	Biaya K3	US\$ / ton	0.05		0.05	0.05
9	Biaya proteksi LH	US\$ / ton	0.10		0.10	0.10
Administration cost						
1	Overheads	% pendapatan	1.0%			0.42
2	Biaya pemasaran	% pendapatan	0.5%			0.21
3	PPN Jasa Yang Tidak Terkreditkan	% of kegiatan kontraktor	10%			
4	CSR, Pengembangan Masyarakat, dll.	US\$ / ton	0.25			0.25
5	Royalti	% pendapatan	7%			2.95

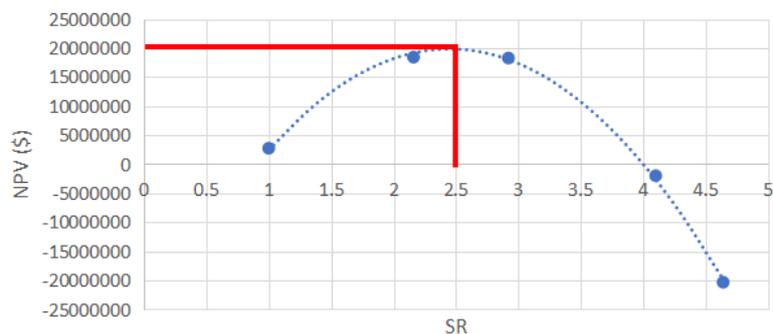
Dilihat dari Tabel 3 di atas menunjukkan biaya penggalian dan pengangkutan batubara sampai ke pengapalan sebesar \$ 29,6/Ton dan biaya stripping OB sebesar \$ 2,48 per BCM. Sehingga mendapatkan nilai BESR 5,1 artinya SR yang diperbolehkan atau pada titik impas adalah 5,1 : 1 jika melakukan penambangan diatas SR 5,1 maka akan mengalami kerugian. Namun untuk menghasilkan keuntungan yang maksimal maka harus dilakukan kajian ekonomi tahap selanjutnya.

Tabel 4. Hasil Pit Optimasi

Name	Bottom bench	Volume	Ore Mass	Rock	Total quantity	Strip ratio	Total value
Pit Optimization	-20	46,911,500	12,720,988	37,126,125	49,847,113	2.92	68,211,653
Nested pit_-30.00	0	-	-	-	-	- .00	-
Nested pit_-20.00	55	2,876,500	1,740,245	1,537,850	3,278,095	.88	3,425,551
Nested pit_-10.00	20	23,281,500	7,949,435	17,166,550	25,115,985	2.16	24,043,221
Nested pit_10.00	-50	102,812,000	21,119,540	86,566,200	107,685,740	4.10	140,546,487
Nested pit_20.00	-65	134,671,500	24,916,028	115,505,325	140,421,353	4.64	237,780,013

Hasil yang didapatkan dari Tabel 3 dan 4 terdapat perbedaan walaupun menggunakan parameter harga dan biaya yang sama. Metode BESR menghasilkan SR 5,1 sebagai batasan optimal sedangkan hasil pit optimasi memperlihatkan angka SR adalah 2,92. pada metode diatas belum memasukan biaya investasi dan belum mempertimbangkan nilai waktu dari uang. Sehingga perlu dilakukan analisis ekonomi secara utuh.

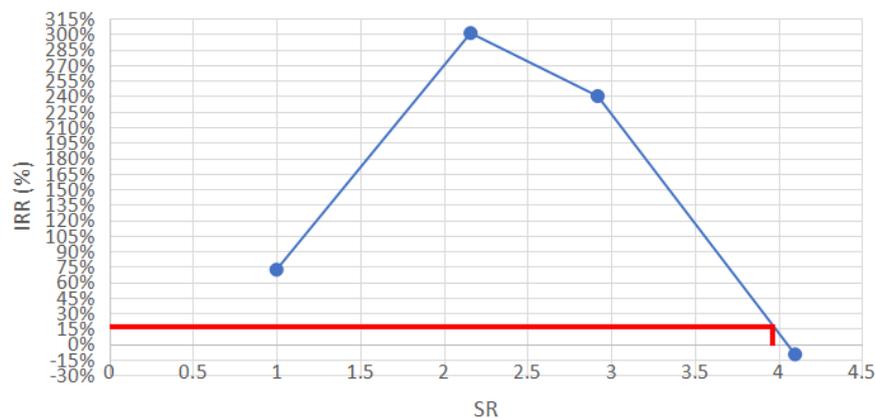
Pada tahapan analisis kelayakan ekonomi dimana investasi yang harus dikeluarkan untuk mendapatkan cadangan batubara daerah penelitian adalah modal tetap sebesar \$ 7.150.000 dan modal kerja diperkirakan 3 bulan belum menghasilkan pendapatan dengan biaya sebesar \$ 7.703.640. Total investasi yang harus dikeluarkan sebesar \$ 14.853.639. Dengan besarnya biaya investasi tersebut maka perusahaan memilih menggunakan struktur modal 60% modal sendiri dan 40% modal pinjaman. Biaya Operasional penggalian batubara sampai penjualan sebesar \$ 29,6/ton dan \$ 2,48/BCM untuk ongkos pengupasan dan pemindahan overburden.



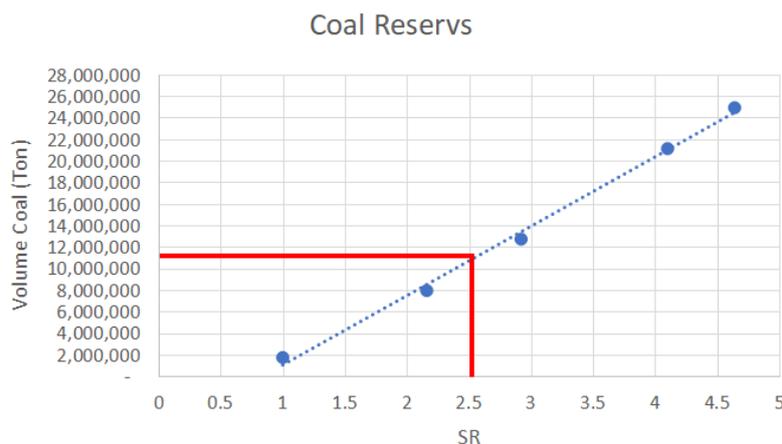
Gambar 5. NPV Vs Stripping Ratio (SR)

Setelah dilakukan beberapa simulasi menggunakan beberapa skenario produksi berdasarkan stripping ratio maka didapat hasil seperti pada Gambar 5 dapat dilihat jika ingin mendapatkan NPV maksimal maka batas penambangan menggunakan SR 2,5 dengan nilai NPV sebesar \$ 20.000.000. Untuk melihat volume batubara yang didapat dari nilai NPV max maka bisa melihat Gambar 7. Sehingga jika menggunakan SR 2,5 maka volume batubara sebesar 11 juta ton.

Sedangkan jika dilihat dari nilai IRR untuk menilai optimalisasi tingkat pengembalian modal dengan cadangan yang diperoleh maka dapat dilihat pada Gambar 6 untuk IRR lebih besar dari 12,5% yaitu 15% maka volume batubara sebesar 19 juta ton dengan SR 3,8.



Gambar 6. IRR Vs Stripping Ratio (SR)



Gambar 7. Volume Coal Vs Stripping Ratio (SR)

Jika pemilik modal atau investor mengutamakan NPV yang maksimal maka akan memilih SR 2,5 seperti pada Gambar 5 dengan volume batubara 11 juta ton. Sedangkan jika IRR yang digunakan sebagai pertimbangan untuk memaksimalkan volume batubara maksimal maka dipilih SR 3,9 seperti pada Gambar 6 dengan volume batubara 19 juta ton.

4. Kesimpulan

Prediksi harga menggunakan simulasi monte carlo \$ 42.2/ton, sedangkan prediksi menggunakan Algoritma kelelawar (BA) \$ 42.18/ton nilai RMSE terkecil 0.127. Hasil penentuan batas penambangan terdapat perbedaan walaupun menggunakan parameter harga dan biaya yang sama. Metode BESR menghasilkan SR 5,1 sebagai batasan optimal sedangkan hasil pit optimasi memperlihatkan angka SR adalah 2,92. Simulasi analisis kelayakan ekonomi tambang menggunakan DCF memiliki hasil yang berbeda pada harga yg berbeda. NPV max = \$ 20 Juta dengan volume batubara 11 juta ton sedangkan jika IRR Optimum = 15% sebagai pertimbangan sesuai WACC maka volume batubara 19 juta ton. Sehingga investor dapat menentukan pilihan alternatif analisis kelayakan mana yang digunakan apakah NPV maksimum atau IRR optimum. Penerapan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dalam analisis kelayakan tambang ini berupa pada awal melakukan prediksi harga untuk meminimalisir ketidak pastian dengan menggunakan metode algoritma kelelawar (*Bat Algorithm*).

Daftar Pustaka

- [1]. Robandi, I., 2019, *Artificial intelligence*, Andi Offset, Yogyakarta.
- [2]. Zhang, B., Ma, J., 2011, Coal price index forecast by a new partial least squares regression. *Procedia Eng.* 15, 5025–5029.
- [3]. Dehghani, H., Bogdanovic, D., *Copper price estimation using bat algorithm*, Elsevier Ltd. All rights reserved
- [4]. Azam, F., D., Ratnawati, D., E., Adikara, P., 2018, Prediksi Harga Emas Batang Menggunakan Feed Forward Neural Network Dengan Algoritme Genetika, *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vol. 2, No. 8, Agustus 2018, hlm. 2317-2322.
- [5]. Haq, N., 2015, *Modeling Valuation Risk Decision in Mining Project*, FIRA Publishing, Indonesia.
- [6]. Djaja, I., 2019, *All About Corporate Valuation*, Gramedia, Jakarta.
- [7]. Yang, X. S., (2010). A New Metaheuristic Bat-Inspired Algorithm, in: *Nature Inspired Cooperative Strategies for Optimization (NISCO 2010)* (Eds. Cruz, C.; Gonz´alez, J.R.; Pelta, D. A.; Terrazas, G), *Studies in Computational Intelligence* Vol. 284, Springer Berlin, pp. 65–74.
- [8]. Kautsar, F, M, Nugroho, Agung, Hermawan., 2017, Optimasi Ekonomis Pembangkit PLTG di PLTGU Tambak Lorok Menggunakan Algoritma Kelelawar, *TRANSIENT*, VOL.6, NO. 2.
- [9]. Prabawa, Bayu., Nasri, Jondri., M, Dwi Sulistio. Prediksi Harga Saham dengan Menggunakan Metode Autoregressive dan Algoritma Kelelawar, *e-Proceeding of Engineering*, 2015, Volume 2, Nomor 1.

